

## Apparatus for apportioning and atomizing fluids

**Patent number:** DE4409848

**Publication date:** 1995-10-19

**Inventor:** MEIXNER HANS DR (DE); MOCK RANDOLF DR (DE); KAPPEL ANDREAS DIPL PHYS (DE)

**Applicant:** SIEMENS AG (DE)

**Classification:**

- **international:** B05B1/30; B05B7/08; B05B1/14; F02M51/08;  
B05B17/06; B06B1/06

- **european:** B05B17/06B; F02M69/04B; F23D11/34B; F02M61/18C

**Application number:** DE19944409848 19940322

**Priority number(s):** DE19944409848 19940322

**Also published as:**

E P0681873 (A1)

US 5685485 (A1)

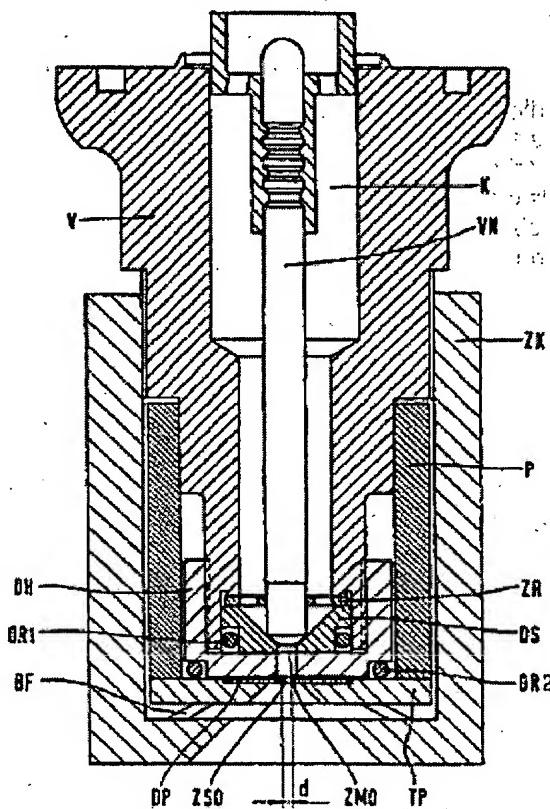
J P7256155 (A)

E P0681873 (B1)

Abstract not available for DE4409848

Abstract of corresponding document: **US5685485**

A device is provided which allows exact apportioning and controllable atomization of fuel as necessary for various operating conditions of an internal combustion engine. The apportioning ensues with an apportioning aperture that can be closed via a valve needle. Separately therefrom, the atomization ensues with a piezoelectrically driven nozzle having an atomizer orifice placed into vibration. The shape of the atomizer aperture can be round, triangular, quadrangular or cross-like.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

Offenlegungsschrift  
(10) DE 44 09 848 A 1

(51) Int. Cl. 6:  
**B 05 B 1/30**  
B 05 B 7/08  
B 05 B 1/14  
F 02 M 51/08  
B 05 B 17/06  
B 06 B 1/06

(21) Aktenzeichen: P 44 09 848.0  
(22) Anmeldetag: 22. 3. 94  
(43) Offenlegungstag: 19. 10. 95

DE 44 09 848 A 1

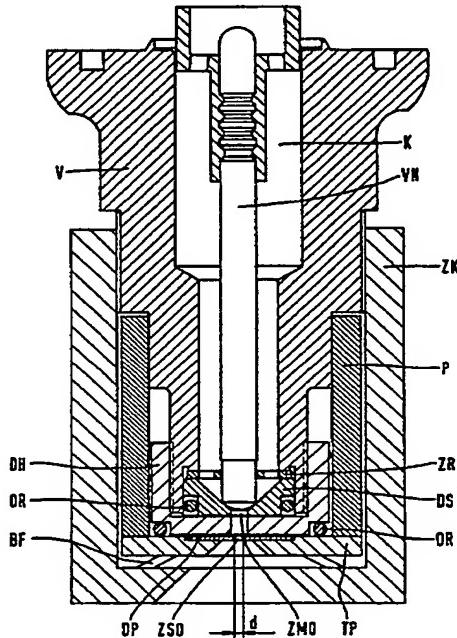
(71) Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:  
Mock, Randolph, Dr., 81739 München, DE; Kappel,  
Andreas, Dipl.-Phys., 81369 München, DE; Meixner,  
Hans, Dr., 81675 München, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Vorrichtung zur Zumessung und Zerstäubung von Fluiden

(57) Für die verschiedenen Betriebszustände eines Verbrennungsmotors ist ein Kraftstoff-Einspritzventil mit exakter Zumessung und steuerbarer Zerstäubung von Kraftstoff notwendig. Die Zumessung erfolgt mittels einer über eine Ventilnadel verschließbare Zumeßöffnung. Davon getrennt erfolgt die Zerstäubung mittels einer piezoelektrisch angesteuerten Düse, deren Zerstäuberöffnung in Schwingungen versetzt wird. Die Form der Zerstäuberöffnung kann rund, dreieckig, viereckig oder kreuzartig sein.



DE 44 09 848 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 08. 95 508 042/16

10/32

1  
Beschreibung

Die verschiedenen Betriebsbedingungen von Verbrennungsmotoren sind insbesondere einerseits die Kaltstartphase und andererseits der Dauerbetrieb des Motors mit stationär durchgewärmten Motor. Bezuglich der Kaltstartphase ist vor allem die Bedingung zu erfüllen, daß der jeweils im Ansaugtrakt des Motors eingespritzte Kraftstoff so stark zerstäubt in den Zylinder gelangt, daß auch tatsächlich die bestimmungsgemäße Kraftstoffverbrennung erfolgt. In der Dauerbetriebsphase, die Betriebstemperatur aller Motorteile ist erreicht, ist insbesondere ein heißes Einlaßventil vorhanden, das sich zur Kraftstoffeinverteilung bzw. -verdampfung eignet. Es ist dementsprechend üblich, den einzuspritzenden Kraftstoff mit einem weitgehend fadenförmigen oder nur gering aufgefächerten Einspritzstrahl auf den heißen Ventilteller zu richten und dort auftreffen zu lassen.

Es wurde festgestellt, daß es nicht vorteilhaft ist, in der Dauerbetriebsphase des Motors eine schon direkt von der Einspritzdüse ausgehende größere Verteilung oder Zerstäubung des einzuspritzenden Kraftstoffs vorzusehen. Es ist beobachtet worden, daß trotz hoher Betriebwärme durchaus nachteilige Zustände bei schon von der Düse weg fein verteilt oder zerstäubtem Kraftstoff auftreten. Zum einen können im doch nur begrenzt stark erwärmten Ansaugrohr noch Abscheidungen von Kraftstofftröpfchen erfolgen, die dann erst zeitverzögert durch Wiederabdampfen in den Zylinder gelangen. Luftsäulenschwingungen im Ansaugrohr können dazu führen, daß schon von der Düse weg zerstäubter Kraftstoff nicht zum gewollten Zeitpunkt in den jeweiligen Zylinder gelangt. Damit sind in jedem Fall unerwünschte Verschiebungen hinsichtlich des Kraftstoff-Luft-Verhältnisses verbunden, das beabsichtigter Weise möglichst genau einzuhalten ist.

Aus der Offenlegungsschrift DE 38 33 093 A1 ist ein Kraftstoff-Einspritzventil mit steuerbarer Charakteristik des Kraftstoffstrahls bekannt. Mittels eines piezoelektrischen Antriebselementes wird die Kraftstoff-Austrittsöffnung des Einspritzventils zu Schwingungen angeregt. Diese Schwingungen, die in Richtung der Ventillängsachse wirken, führen gemäß den Gesetzen der Strömungsmechanik zum Zerfall des Treibstoffstrahls in einzelne Tröpfchen. Bei der in der DE 38 33 093 A1 beschriebenen Anordnung ist jedoch von Nachteil, daß die Zerstäubung des Treibstoffstrahls dadurch erfolgt, daß der gesamte Ventilsitz zu Schwingungen angeregt wird. Das bedeutet eine im allgemeinen nichtlineare Kopplung der Dosierfunktion mit der Zerstäuberfunktion. Da die Ventilzustände "offen" oder "geschlossen" von der momentanen Auslenkung des Ventilsitzes abhängig sind, erfolgt die Treibstoffzumessung nicht linear. Das Piezoelement, das die Einspritzdüse, die gleichzeitig die Funktion der Zerstäubung übernimmt, in Schwingungen versetzt, wird mit einer Frequenz oberhalb von 1 kHz angeregt. Da der Lauf des Motors Vibrationen im Frequenzbereich zwischen 5 kHz und 20 kHz erzeugt, muß damit gerechnet werden, daß eine Zerstäubung auch unerwünschter Weise durch die Motorvibration angeregt wird.

Ein weiterer Nachteil der in der DE 38 33 093 beschriebenen Ausführung liegt in der Tatsache begründet, daß sich die Konstruktion in der Praxis nicht weiter verkleinern läßt. Zum einen steht nämlich der mittels eines piezokeramischen Antriebselementen erreichbare Hub in direktem Verhältnis zu seinen Abmessungen, so

daß wegen der benötigten Hube das Piezoelement und damit der gesamte Antrieb nicht beliebig verkleinert werden kann. Zum anderen begrenzen die erreichbare Fertigungsgenauigkeit, sowie die bei der Automobilanwendung geforderte mechanische Stabilität der Konstruktion eine Miniaturisierung. Damit ist eine Integration in herkömmliche Einspritzventile nicht möglich, ohne massiv in deren Konstruktion einzutragen.

Da sowohl der die Ventilnadel antreibende Piezostack als auch das für den Strahlzerfall notwendige Piezoelement in Ventillängsrichtung arbeitet, ist der Durchfluß durch die Düsenbohrung als nicht konstant anzusehen.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zu schaffen, bei der ein Fluid steuerbar zerstäubar ist und die Dosierung des Fluids exakt erfolgt.

Die Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß dem Anspruch 1 gelöst.

Ein Vorteil der Erfindung liegt in der Flexibilität der Vorrichtung. Die Zerstäuberfunktion kann auf die jeweiligen Einsatzbedingungen einfach angepaßt werden. Die Zumessung ist ebenso unabhängig und ungeachtet der Zerstäuberfunktion einfach auf die Umgebungsbedingungen einstellbar.

So ist es von Vorteil die Düsenplatte, welche eine Zerstäuberöffnung aufweist, auf eine Trägerplatte zu montieren, weil damit eine für die Schwingungsübertragung gut geeignete Ankopplung des Antriebselementes an die Düsenplatte erfolgen kann.

Als Antriebselement eignet sich besonders ein piezoelektrischer Antrieb, weil dieser für schnelle Bewegungen prädestiniert ist.

Um einer Zerstörung des Piezoelements vorzubeugen kann dieses vorteilhafterweise mechanisch, beispielsweise mit einer Feder vorgespannt werden.

Die Vorrichtung eignet sich besonders für die Zumessung und Zerstäubung von Kraftstoff für Verbrennungsmotoren.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Die Aufgabe wird bei der Vorrichtung zur Zumessung und Zerstäubung von Kraftstoff für Verbrennungsmotoren somit dadurch gelöst, daß eine funktionelle Trennung zwischen Kraftstoffdosierung und Kraftstoffzerstäubung erfolgt. Der Öffnungsquerschnitt des Ventilauslasses bestimmt die austretende Kraftstoffmenge. Eine in einer Düsenplatte vorgesehene zweite Öffnung, welche der Ventilauslaßöffnung nachfolgt, wird im Querschnitt und in ihrer Lage periodisch variiert, um die Oberflächenspannung des austretenden Kraftstoffs entsprechend zu vergrößern oder zu verkleinern, was zu einer Zerstäubung des Kraftstoffs führt.

Die Erfindung wird im folgenden anhand zweier Figuren weiter erläutert.

Die Fig. 1 zeigt einen Ventilkopf mit Zerstäuber.

Die Fig. 2 zeigt eine weitere Variante des Ventilkopfs mit Zerstäuber.

Die Fig. 3a—l zeigt eine Auswahl möglicher Düsenplatten mit verschiedenen Düsenlöchern.

Die Fig. 4 zeigt den Strahlzerfall bei einem runden Düsenloch gegenüber dem bei einem rechteckigen Düsenloch.

Die Fig. 5 zeigt eine mögliche Kombination von verschiedenen Düsenlochdurchmessern in einer Düsenplatte.

Die Fig. 6a—c zeigt das prinzipielle galvanoplastische Herstellungsverfahren für eine Düsenplatte.

Die Fig. 7a, b zeigt eine Düse mit quadratischem Dü-

senloch in der Draufsicht und im Querschnitt beim anisotropen Ätzverfahren.

Die Fig. 8a, b zeigt eine konventionelle Düse im Vergleich zu mehreren neuartigen Düsen in der Draufsicht und im Querschnitt.

Die Vorrichtung, wie in Fig. 1 gezeigt, ist zur Zumesung und Zerstäubung von Kraftstoff für Verbrennungsmotoren geeignet. Eine Ventilnadel VN ist in einem Ventilgehäuse V beweglich gelagert. Sie kann mittels der in der Patentanmeldung P 43 06 073.0 beschriebenen Mechanik angetrieben werden. Der Kraftstoff strömt durch einen Kanal K in Richtung des Dichtsitzes DS. Drückt die Ventilnadel VN auf den Dichtsitz DS, so wird der Kraftstofffluss gehemmt. Wird die Ventilnadel VN vom Dichtsitz abgehoben, so strömt der Kraftstoff durch die Zumeöffnung ZMO im Dichtsitz DS, die Bohrung in der Ummantelung DH und die Zerstäuberöffnung ZSO in der Düsenplatte DP nach außen.

Die Zerstäubung wird durch die dünne Blechmembran DP (orifice disk), auch als Düsenplatte oder Zerstäuberplatte bezeichnet, die im Zentrum eine kreisförmige Öffnung ZSO mit sehr eng tolerierter Geometrie aufweist, bestimmt. Der Lochdurchmesser d der Zerstäuberöffnung ZSO weist eine Toleranz im Bereich von 1 µm und eine genau definierte Eckenverrundung des Lochrandes auf. Die Membran DP mit der Zerstäuberöffnung ZSO wird auf eine Trägerplatte TP gesetzt. Die Düsenplatte DP kann beispielsweise durch Schweißen mit der Trägerplatte TP verbunden werden. Die Trägerplatte TP liegt auf einem Antriebselement P, einer Piezokeramik, auf, die sich wiederum am Ventilgehäuse V abstützt. Die gesamte Anordnung befindet sich in einem Gehäuse ZK, welches am Ventil befestigt ist. Die Blattfeder BF zwischen dem Gehäuse ZK und der Trägerplatte TP wird bei der Montage der Zerstäubereinheit zusammengedrückt und sorgt so für die notwendige mechanische Vorspannung und zum ordnungsgemäßen Betrieb der Piezokeramik P. Damit die Ventileile im Bereich der Austrittsöffnung (Ventilsitz DS, O-Ring OR, Zentrierung ZR u. a.) sich nicht aus dem Verbund lösen können, werden sie mittels einer Ummantelung DH, welche schraubar ist, zusammengedrückt.

Legt man an die Piezokeramik P eine periodische Wechselspannung an, beispielsweise eine Sinusspannung, so werden die Trägerplatte TP und die Membran DP zwangsweise, nicht resonant, in Schwingungen versetzt. Diese erzwungene Bewegung der Membran führt gemäß einer von Lord Rayleigh entwickelten Theorie der schwingungsinduzierten Erzeugung von Flüssigkeitströpfchen zum Zerfall des Treibstoff-Strahls in kleine Tropfen. Die optimale Anregungsfrequenz liegt im Falle der Anordnung gemäß Fig. 1 bei etwa 5 kHz, jedoch ist eine effektive Anregung der Düsenplatte zum Strahlzerfall auch mit anderen Frequenzen erzielbar.

Die in Fig. 2 beschriebene Zerstäuberkomponente wird im Gegensatz zu der in der Fig. 1 beschriebenen Ausführungsform im Resonanzfrequenzbereich bei ca. 130 kHz angeregt. Das Piezoelement P stützt sich wiederum am Ventilgehäuse V ab. Die mechanische Vorspannung des Piezoelements P ist mittels einer Mutter M und einer Tellerfeder TF einstellbar. Eine Unterleg scheibe US sorgt für eine gleichmäßige Druckverteilung auf das Piezoelement P. Wie bei der in Fig. 1 beschriebenen Ausführungsform wird die Düsenplatte DP zu Schwingungen angeregt, was gemäß der Strömungstheorie, zum Zerfall der Flüssigkeit führt.

Gegenüber der Darstellung in Fig. 1 werden die Ventilinnenteile, der Zentrierring ZR, der Dichtsitz DS, der

O-Ring OR, die Ventilnadel VN und die Düsenplatte durch einrollen des Ventilgehäuses V zusammengehalten. Die in den Fig. 1 und 2 gezeigten Lösungen sind austauschbar. Abhängig vom Anwendungsfall sollte die in Fig. 1 oder die in Fig. 2 gezeigte Halterung der Ventilinnenteile gewählt werden.

Um den Kraftstoff exakt dosieren zu können, wurde im Bereich zwischen Ventil-Austrittsöffnung ZMO der Kraftstoffzumessung und dem Zerstäuberloch ZSO das Totvolumina möglichst gering gehalten. Deshalb ist die in Fig. 1 gezeigte Ummantelung DH der Ventilinnenteile so konstruiert, daß sich zwischen der Membran DP und dem Ventildichtsitz DS nur ein minimales Totvolumen ergibt.

Die Membran DP ist bei der Herstellung zur Bestimmung der Abstrahlrichtung kalottenförmig formbar.

Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf eine Niederdruckeinspritzung mit etwa 1 bis 10 bar.

Der Einsatzbereich der Erfindung beschränkt sich nicht auf die Zumessung und Zerstäubung von Kraftstoff für Verbrennungsmotoren, sondern ist überall dort einsetzbar, wo ein Fluid exakt zu dosieren ist und die Möglichkeit der Zerstäubung gegeben sein muß.

Die Anregungsfrequenz F des Piezoelements P, das die Zerstäuberplatte DP in Schwingung versetzt, ist auf den Zerstäuber-Lochdurchmesser d der Zerstäuberplatte DP abzustimmen. Je höher die Anregungsfrequenz F ist, desto kleiner ist die Eindringtiefe in die Flüssigkeit. Zwischen der Anregungsfrequenz F und dem Zerstäuber-Lochdurchmesser d ergibt sich folgender Zusammenhang:

$$d \sim \frac{1}{F^2}$$

mit d = Durchmesser des Düsenlochs und  
F = Anregungsfrequenz des Piezoelements, das das Düsenloch ZSO bzw. die Düsenplatte DP in Schwingungen versetzt.

In Fig. 3a—l sind verschiedene zur Unterstützung des Strahlzerfalls geeignete Düsenplatten dargestellt. Die Düsenplatte wie sie in Fig. 3a gezeigt ist, weist mehrere runde Öffnungen auf, deren Durchmesser weniger als 100 µm betragen. Bei den Düsenplatten, wie sie in Fig. 3a bis l gezeigt sind, liegt das Aspektverhältnis bei ca. 1,5 bis 5, d. h. die Länge des Düsenlochs ist gegenüber dem Düsenlochdurchmesser um ein Vielfaches größer. Weitere besonders geeignete Lochformen sind in Fig. 3g und 3l abgebildet. Die Düsenplattenlöcher können nahezu beliebige Formen haben. Die bei einer nicht kreisförmigen Querschnittsfläche des austretenden Kraftstoffstrahls induzierte Asymmetrie der Strömungs- und Oberflächenspannungskräfte führt, wie in Fig. 4 dargestellt, zu einer Verstärkung der periodischen Aufwellungen des Strahlquerschnitts, wodurch der beschleunigte Zerfall der Flüssigkeit in sehr kleine Tropfen bewirkt wird. Bei laminarer Düsenströmung gelten dabei in erster Näherung folgende Zusammenhänge zwischen dem Tropfenabstand X, dem Tropendifferenzdurchmesser D und dem Düsenlochdurchmesser d (bei nicht kreisförmiger Düsenquerschnittsfläche ist anstelle des Düsenlochdurchmessers d der Ersatzdurchmesser einer der Düsenquerschnittsfläche nach äquivalenten kreisförmigen Düse zu verwenden):

$$\lambda \approx 4,5 \cdot d$$

$$D \approx 1,9 \cdot d$$

Im Unterschied zur annähernd konstanten Tropfengröße bei laminarer Strömung, führen turbulente Strömungsvorgänge zu einer charakteristischen Tropfengrößeverteilung, d. h. neben dem häufigen Auftreten einer mittleren Tropfengröße sind auch erhebliche Anteile klein- und großvolumiger Tropfen im Aerosol enthalten. Dieser häufig zum Zerstäuben genutzte Effekt kann durch besonders extreme Querschnittsprofile mit scharfen Spitzen und Kanten, wie sie in Fig. 3f, g, h, i, j, k, l gezeigt sind, verstärkt werden. Die Düsen haben in diesem Fall die Funktion von Turbulatoren.

Wie in Fig. 4 gezeigt, bewirkt eine von der Kreisform abweichende Düsenquerschnittsform einen früheren Zerfall des Flüssigkeitsstrahls in Einzeltropfen. Die aus einem runden Düsenloch austretende Flüssigkeit zerfällt im Abstand  $l_1$  in einzelne Tropfen, wohingegen eine durch eine rechteckige Querschnittsform hindurchtretende Flüssigkeit bereits im Abstand  $l_2$  in einzelne Tropfen zerfällt, wobei gilt  $l_2 < l_1$ .

Neben der Düsenlochform kann auch die Anordnung und Größe der Düsenlöcher auf der Düsenplatte in weiten Grenzen verändert werden, wie in Fig. 5 gezeigt. Die Düsenplatte weist im Zentrum ein großes Düsenloch auf, welches von vielen kleinen Düsenlöchern in Form eines Sechsecks umgeben ist. Durch Kombination verschiedener Düsenlochgrößen, Düsenlochformen und der Düsenlochanordnung auf einer Düsenplatte können die Strahleigenschaften den unterschiedlichen Erfordernissen angepaßt werden. Damit lassen sich unterschiedliche Betriebsbedingungen des Motors besser abdecken, da einerseits durch den feinen Aerosolmantel ein homogeneres Kraftstoff/Luftgemisch erzeugt wird, wodurch beim Kaltstart die Wandbenetzung und der Schadstoffausstoß reduziert werden und gleichzeitig andererseits bei betriebswarmen Motor eine gute Füllung (Leistungsausgabe) durch den kompakten Zentralstrahl erzielt werden kann. Zusätzlich wird die Verstopfungsgefahr der Düse verringert.

Hergestellt werden können derartige Düsenplatten nach dem Galvanoplastikverfahren mit der Siemens Mikrostrukturtechnik (MS). Wie in Fig. 6a—c dargestellt, wird bei der Siemens Mikrostrukturtechnologie ein auf ein Substrat S kaschierter Negativresist NR durch eine vorher durch Photostrukturierung hergestellte sehr dünne mit dem Substrat S verbundene Maske M mit UV-Licht UVL bestrahlt. Zur Belichtung des Photorests kann auch Synchrotronstrahlung verwendet werden. Anschließend wird der unbestrahlte Photoschichtanteil im Entwickler ausgewaschen. Die vormalige Maske M kann an den freiliegenden Stellen galvanisch verstärkt, der Photoresist (Negativresist) also bis knapp zu seiner vollen Höhe abgeformt und die so additiv erzeugte Metallschicht aus z. B. NI, CU, AU oder AG als gewünschtes Flachteil chemisch oder mechanisch abgetrennt werden. Mit speziellen Belichtungstechniken und Photolacken ist zudem die Erzeugung von Doppeldüsen, also z. B. ein Einlauf und zwei Düsenaustritte, schrägen Düsen und Düsen mit konischen oder exponentiellen Einlauftrichtern möglich. Beschrieben ist dies in Trausch Günther: "Neuartige photolithographische Strukturerzeugung zur Herstellung von Präzisionsflächenteilen im Galvanoplastikverfahren", Siemens-Forschungs- und Entwicklungsbereich Band 8, 1979, Nr. 6. Fig. 4c zeigt die fertige Galvanoplastik GB im Querschnitt.

Eine andere Möglichkeit zur Herstellung der Düsenplatten besteht in der Verwendung der anisotropen Ätztechnik. Man macht sich die nach kristallographischer

Orientierung stark unterschiedliche Ätzrate bei einigen einkristallinen Materialien, wie Silizium und Gallium, in bestimmten Ätzlösungen, wie EDP (Ethylendiamin) oder KOH zunutze. Dazu wird wie in Fig. 7 gezeigt, beispielsweise ein (100) orientiertes Si-Substrat zunächst mit einer beidseitigen Ätzstoppeschicht, z. B. in Form von  $\text{SiO}_2$  oder  $\text{Si}_3\text{N}_4$  versehen, in die einseitig quadratische Öffnungen der Länge  $W_B$  geätzt werden, wobei die Kanten der freiliegenden Bereiche parallel zu den kristallographischen (110) Richtungen des Substrats ausgerichtet sein müssen. Beim darauf folgenden selbststoppenden Naßätzprozeß in EDP oder KOH entstehen pyramidenförmige Vertiefungen mit (101) orientierten Seitenwänden unter  $\varphi = 54,74^\circ$  Neigung. Bei geeigneter Dimensionierung des Ätzfensters  $W_B$  bilden sich quadratische Durchbrüche mit einer Kantenlänge  $W_0$  von

$$W_0 = W_B - \sqrt{2} \cdot t_{\text{si}},$$

wobei  $t_{\text{si}}$  die Dicke des Si-Substrates ist. Durch Abätzen der  $\text{SiO}_2$  oder  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Ätzstoppeschicht werden die Düsen abschließend freigelegt. Auch die Herstellung rechteckiger Düsenquerschnittsformen ist nach diesem Verfahren möglich.

Fig. 8 zeigt einen Vergleich einer konventionellen Düse in der Draufsicht und im Querschnitt (Fig. 8a) im Vergleich zu mehreren sechseckig angeordneten Düsen, wie sie im vorigen beschrieben wurden (Fig. 8b). Bisher übliche Düsendurchmesser  $d$  lagen im Bereich von ca.  $d = 0,3 \text{ mm}$  bis  $d = 0,6 \text{ mm}$  bei typischen Dicken der Düsenplatte von ca.  $D_{\text{DP}} = 0,05 \text{ bis } 0,15 \text{ mm}$ . Als Aspektverhältnis ergibt sich daraus ca.  $\eta = 1,5 \text{ bis } 5$ . Mit Hilfe von Photostrukturtechniken in Verbindung mit galvanischen Abformtechniken oder anisotroper Ätztechniken können Düsenlöcher mit Aspektverhältnissen von  $\eta \geq 0,5$  hergestellt werden, vgl. Fig. 8b. Bei Verwendung von Synchrotronstrahlung zur Belichtung des Photorests sind sogar Aspektverhältnisse  $\eta > 100$  möglich. Der Düsendurchmesser  $d$  einer jeden Düse liegt bei ca.  $20 \mu\text{m}$ . Die Dicke der Düsenplatte beträgt ca.  $D_{\text{DP}} = 100 \mu\text{m}$ .

#### Patentansprüche

##### 1. Vorrichtung zur Zumessung und Zerstäubung von Fluiden,

- bei der ein Gehäuse (DH, V) vorgesehen ist, welches eine den Durchfluß des Fluids bestimmende Zumeßöffnung (ZMO) aufweist,
- bei der ein Schließelement (VN) vorgesehen ist, welches auf die Zumeßöffnung (ZMO) wahlweise schließend oder öffnend wirkt,
- bei der ein der Zumeßöffnung (ZMO) nachfolgendes Mittel mit wenigstens einer Zerstäuberöffnung (ZSO) vorgesehen ist, und
- bei der ein Antriebselement (P) vorgesehen ist, welches die Zerstäuberöffnung (ZSO) in Schwingung versetzen kann.

##### 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der das Mittel eine Platte (DP) ist, welche am Gehäuse (DH, V) anliegt.

##### 3. Vorrichtung nach Anspruch 2, bei der eine Trägerplatte (TP) vorgesehen ist, welche die Platte (DP) mit dem Antriebselement (P) verbindet.

##### 4. Vorrichtung nach Anspruch 3, bei der die Platte

(DP) mit der Trägerplatte (TP) kraftschlüssig verbunden ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 4, bei der das Antriebselement (P) ein Piezoelement ist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 5, bei der eine Feder (BF) vorgesehen ist, die die Trägerplatte (TP) gegen das Antriebselement (P) drückt und das Antriebselement (P) unter einer mechanischen Vorspannung hält.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, bei der ein topfförmiges Gehäuse (ZK) vorgesehen ist, an dem sich die Feder (BF) abstützt.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der die Schwingungsanregung der Zumeßöffnung ZMO bei deren Resonanzfrequenz erfolgt.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei der die Platte (DP) wenigstens ein Loch mit einem Lochdurchmesser im Bereich von 10 – 20 µm aufweist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, bei der die Platte (DP) wenigstens ein weiteres Loch mit einem Lochdurchmesser von mehr als 20 µm aufweist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, bei der die Form des Lochs rund, oval, dreieckig, viereckig, mehreckig oder sternförmig ist.

12. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 11 als Vorrichtung zur Kraftstoffzumessung und Zerstäubung für Verbrennungsmotoren.

5

15

25

30

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

FIG 1

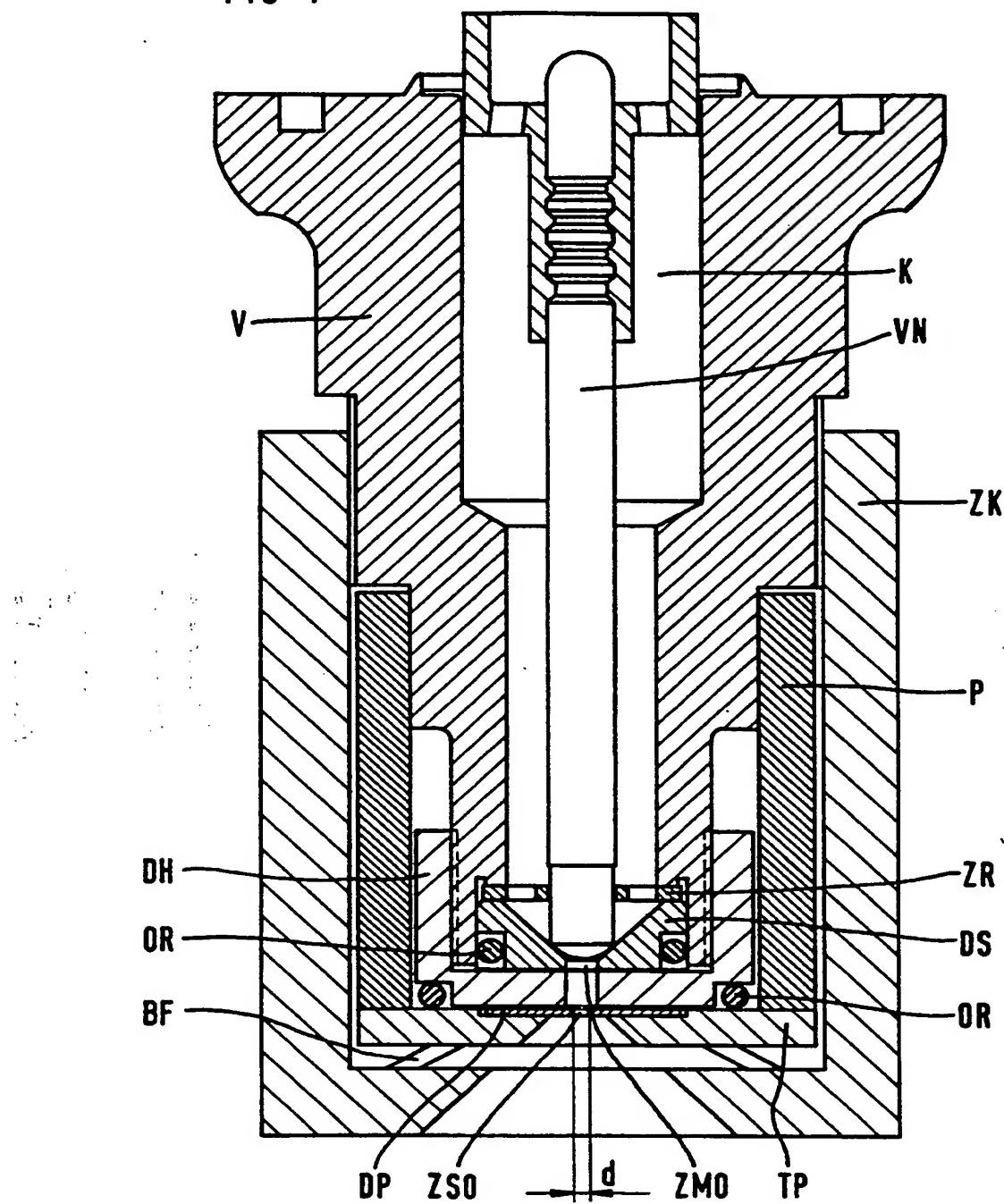
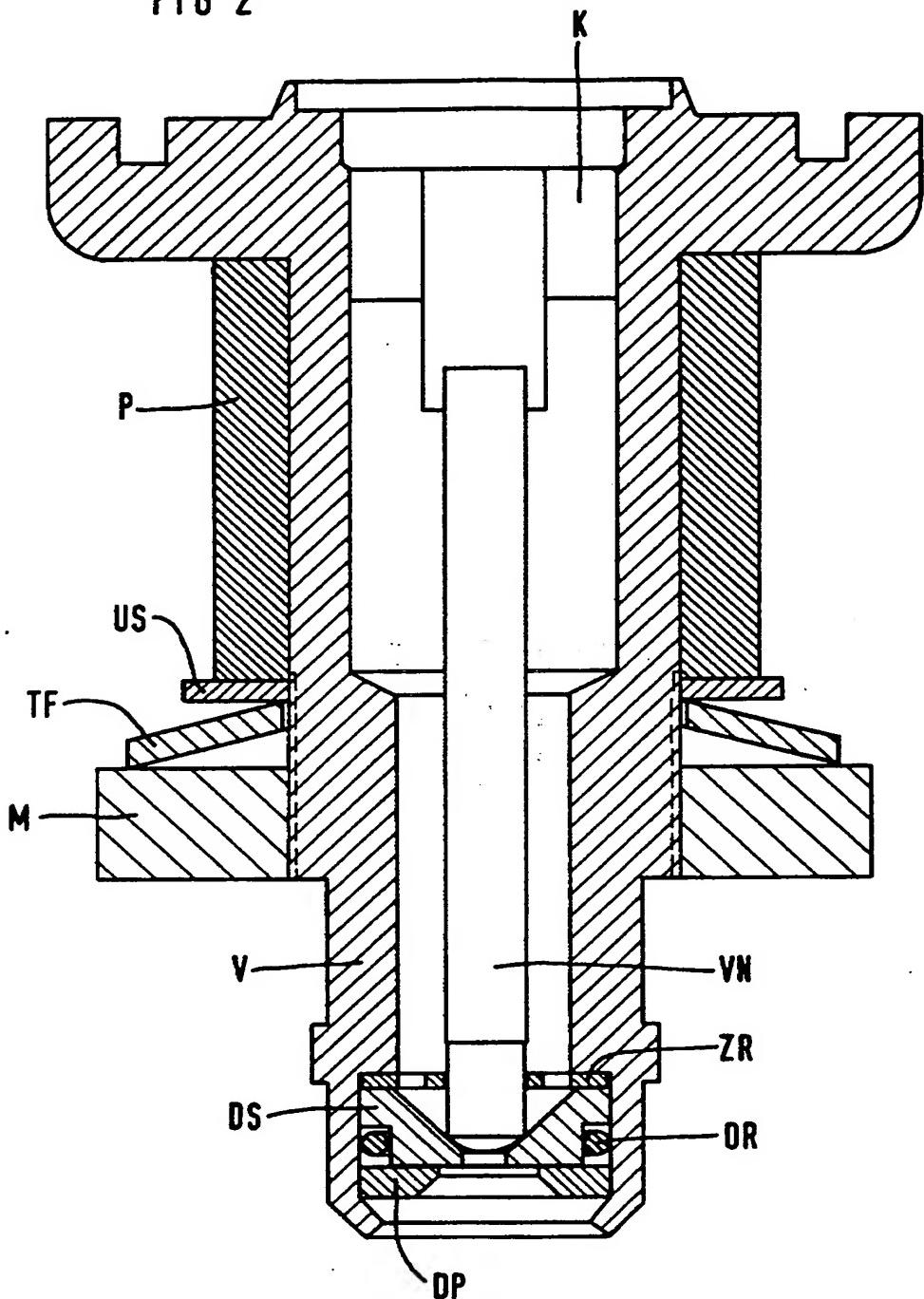


FIG 2



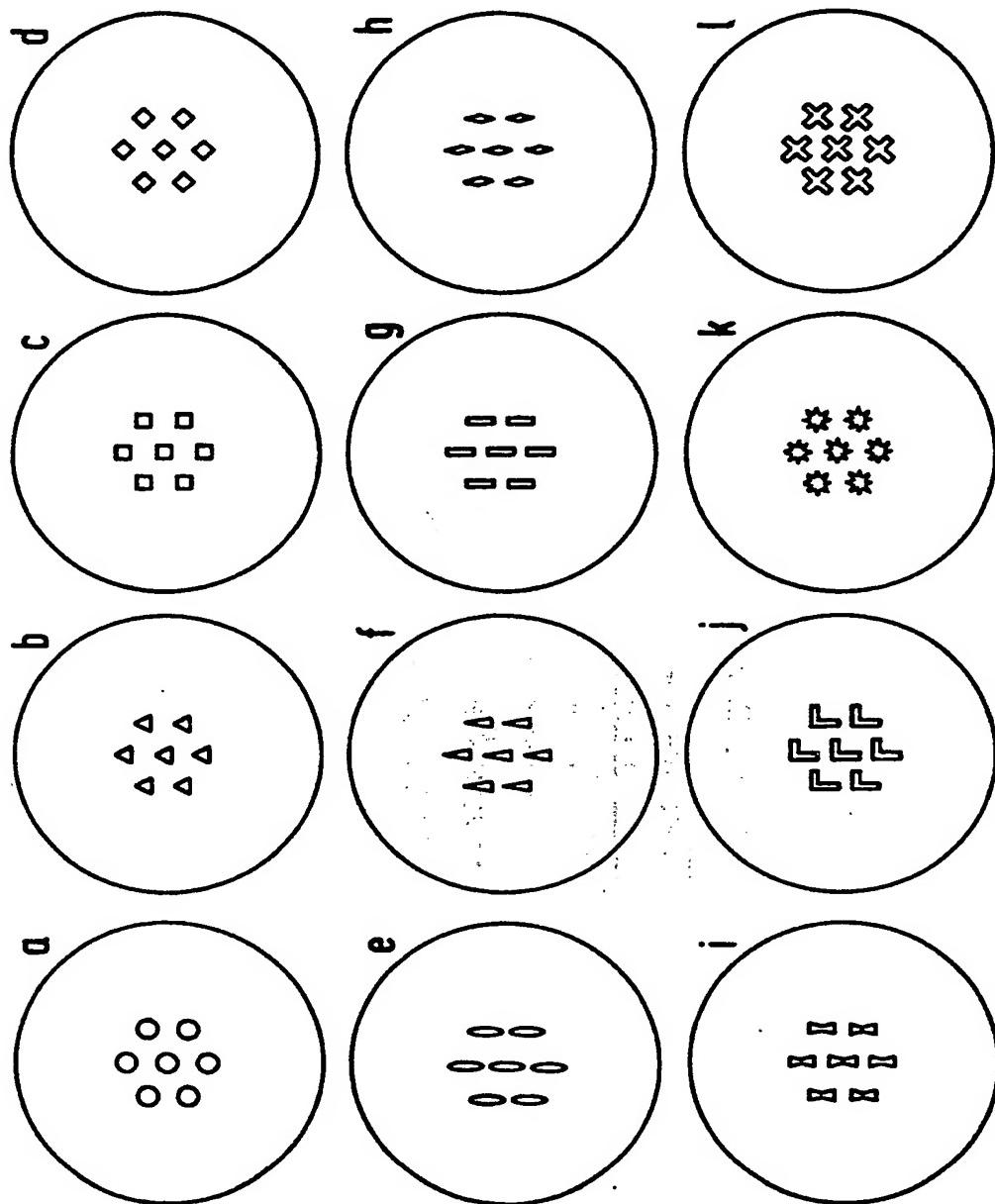
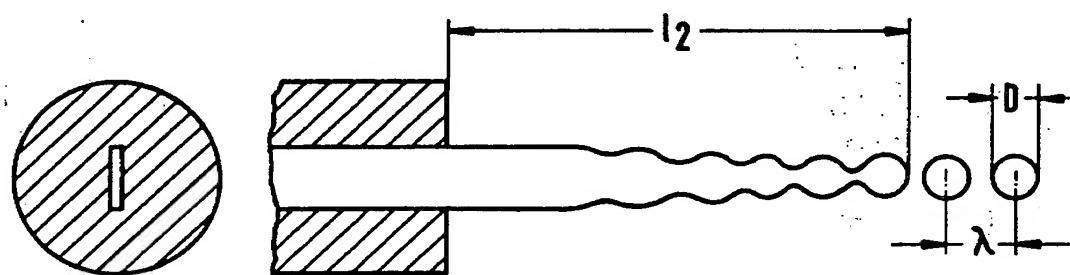
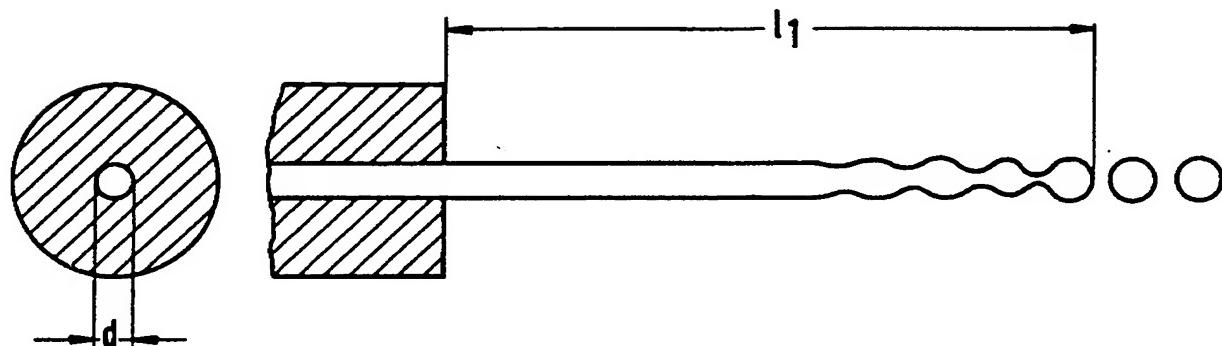


FIG 3

FIG 4



$$l_2 < l_1$$

FIG 5

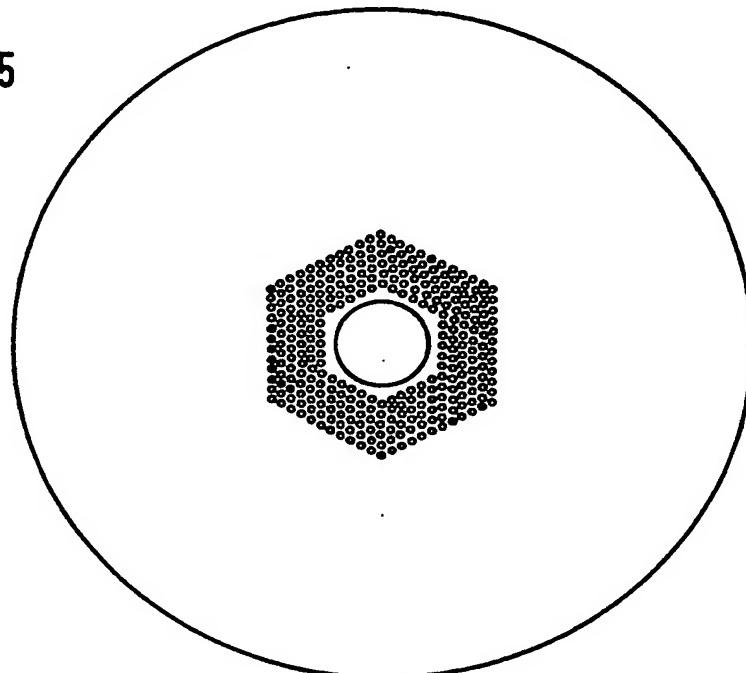
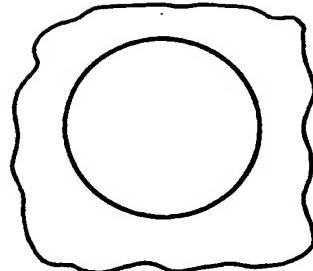
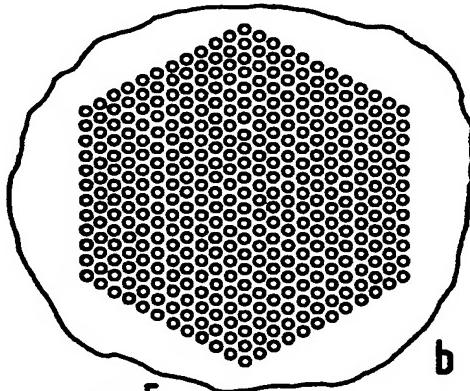


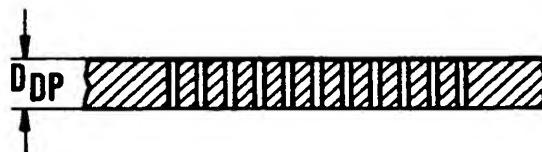
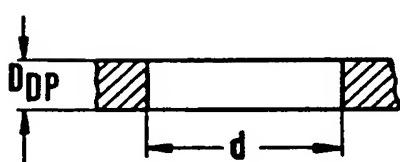
FIG 8

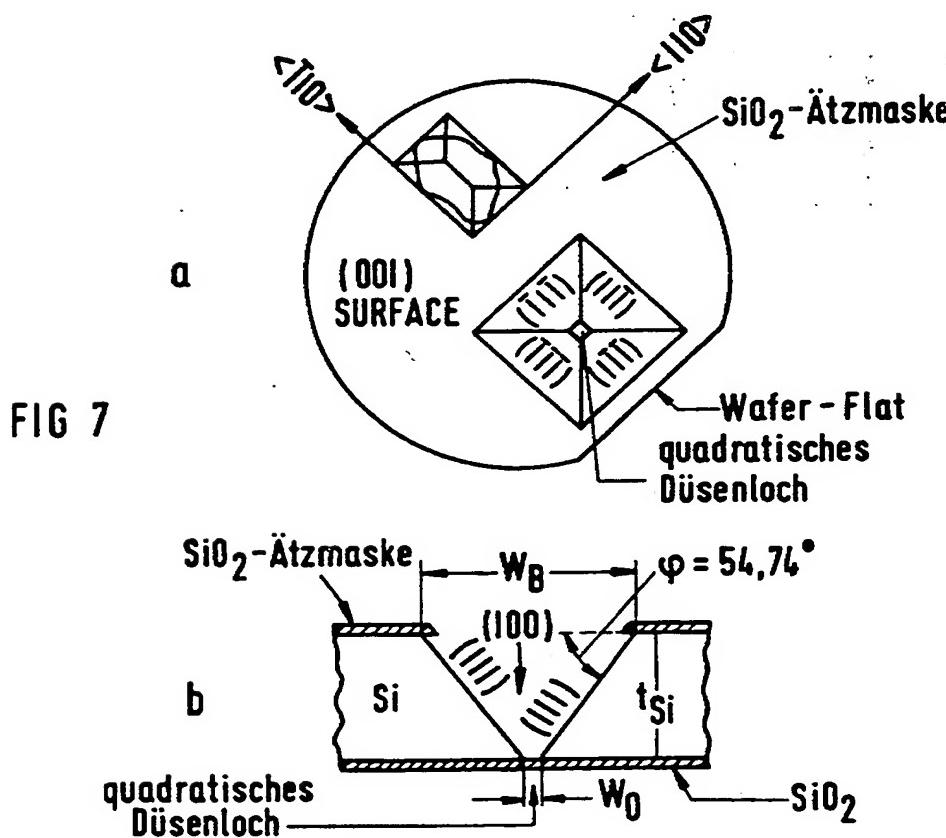
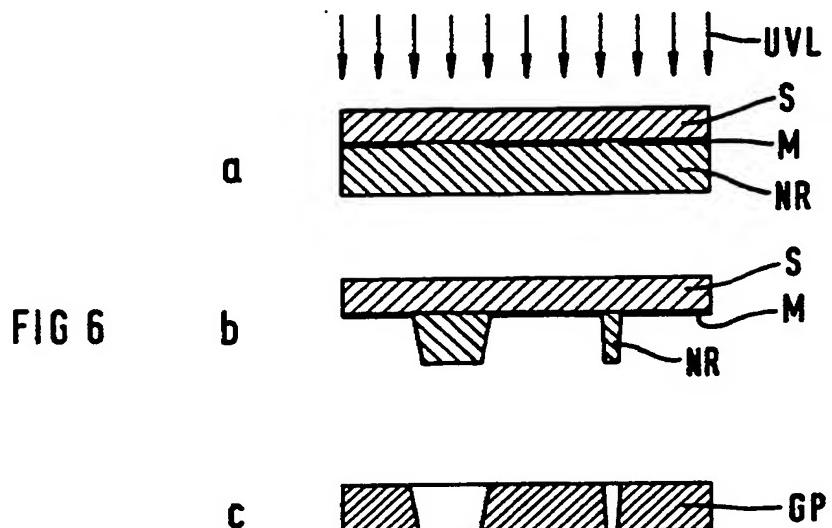
 $\eta = 0,28$ 

a

 $\eta = 5$ 

b





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**